

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-235900

(43)Date of publication of application : 29.08.2000

(51)Int.Cl.

H05H 1/46
H01L 21/205
H01L 21/3065

(21)Application number : 11-035953

(71)Applicant : TOKYO ELECTRON LTD

(22)Date of filing : 15.02.1999

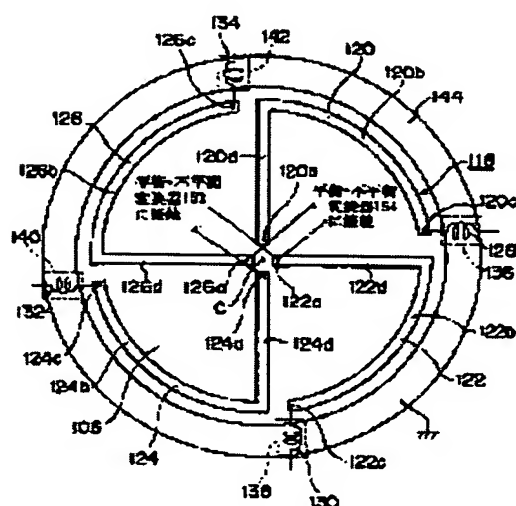
(72)Inventor : HONGO TOSHIAKI

(54) PLASMA TREATMENT DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a plasma treatment device capable of generating plasma by electromagnetic wave of high frequency.

SOLUTION: An antenna 118 of non-grounded type is disposed on a dielectric wall 106 forming the ceiling part of a treatment chamber of an etching device. The antenna 118 comprises first to fourth antenna elements 120, 122, 124, 126 each having an electrical length of $\lambda/4$ (where λ is the wavelength of high-frequency power) and disposed point-symmetrically to each other about a reference point C on the dielectric wall 106. When power of high frequency of 100 MHz or higher with a phase shifted by 90° for every neighboring elements is applied to the first to fourth antenna elements 120 to 126 pairs in point-symmetry of the first to fourth antenna elements 120 to 126 resonate at $\lambda/2$, and an electromagnetic wave of the same frequency as the power is oscillated and introduced into the treatment chamber via the dielectric wall 106. A treatment gas is dissociated into plasma by the electromagnetic wave, and a wafer in the treatment chamber is etched.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

06.12.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-235900

(P2000-235900A)

(43) 公開日 平成12年8月29日 (2000.8.29)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 5 H 1/46		H 0 5 H 1/46	L 5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	5 F 0 4 5
21/3065		21/302	B

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平11-35953

(22) 出願日 平成11年2月15日 (1999.2.15)

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂5丁目3番6号

(72) 発明者 本郷 俊明

東京都港区五丁目3番6号TBS放送セン

ター 東京エレクトロン株式会社内

(74) 代理人 100095957

弁理士 亀谷 美明 (外2名)

Fターム(参考) 5F004 AA01 BA20 BB11 BB13 BD04

CA03 DA00 DA23

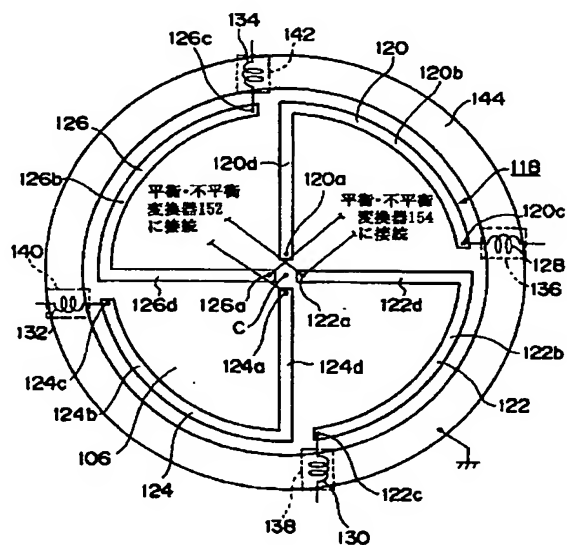
5F045 AA08 DP03 EH02 EH11 EH19

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【要約】

【課題】 高周波数の電磁波によりプラズマを生成することが可能なプラズマ処理装置を提供する。

【解決手段】 エッチング装置100の処理室102の天井部を構成する誘電体壁106上に非接地型のアンテナ118が配置される。アンテナ118は、電氣的に $\lambda/4$ (λ は高周波電力の波長)の長さの第1～第4アンテナ素子120、122、124、126から成り、誘電体壁106上の基準点Cから相互に点対称に配置される。相隣接する第1～第4アンテナ素子120～126ごとに90°ずつ位相がずれた100MHz以上の高周波電力を印加すると、点対称にある第1～第4アンテナ素子120～126組が $\lambda/2$ に共振し、電力と同一の周波数の電磁波が発振され、誘電体壁106を介して処理室102内に導入される。電磁波により処理ガスが解離してプラズマ化し、処理室102内のウェハWにエッチング処理が施される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被処理体が収容される処理室と、前記処理室の一面を構成する誘電体壁と、前記誘電体壁を介して電磁波を前記処理室内に導入して前記処理室内に供給された処理ガスをプラズマ化するアンテナとを備えたプラズマ処理装置において、前記アンテナは、アンテナ設置面に仮想的に設定される基準点から相互に点対称に延伸し、前記基準点側にそれぞれ給電点を有する n 本（ただし、 n は 2 以上の整数である）の略 $\lambda/4$ 長アンテナ（ただし、 λ は前記アンテナに印加されるプラズマ生成用高周波電力の波長である）組から成り、さらに、前記各 $\lambda/4$ 長アンテナに対して、相隣接する前記 $\lambda/4$ 長アンテナごとに $360^\circ/n$ ずつ位相がずれたプラズマ生成用高周波電力を印加する電力供給手段を備えることを特徴とする、プラズマ処理装置。

【請求項 2】 前記プラズマ生成用高周波電力の周波数は、13.56MHz よりも高いことを特徴とする、請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】 前記プラズマ生成用高周波電力の周波数は、50MHz ～ 800MHz であることを特徴とする、請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】 前記被処理体は、前記処理室内に配置された電極に載置され、前記電極には、前記プラズマ生成用高周波電力の周波数よりも低い周波数のバイアス用高周波電力が印加されることを特徴とする、請求項 1、2 または 3 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】 前記バイアス用高周波電力の周波数は、13.56MHz 以下であることを特徴とする、請求項 4 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】 前記 $\lambda/4$ 長アンテナは、非接地型アンテナであることを特徴とする、請求項 1、2、3、4 または 5 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】 前記 $\lambda/4$ 長アンテナは、直線的に延伸する延伸部と、所定方向に屈曲する屈曲部から構成されることを特徴とする、請求項 1、2、3、4、5 または 6 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】 少なくとも前記 $\lambda/4$ 長アンテナの終端部と、前記誘電体壁との間には、接地された導電性シールドが介装されることを特徴とする、請求項 1、2、3、4、5、6 または 7 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 9】 前記 $\lambda/4$ 長アンテナの終端部には、前記プラズマ生成用高周波電力の印加時に、所定のインダクタンスを生じさせるインダクタンス発生手段が接続されることを特徴とする、請求項 1、2、3、4、5、6 または 7 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】 少なくとも前記インダクタンス発生手段と、前記誘電体壁との間には、接地された導電性シールドが介装されることを特徴とする、請求項 9 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 11】 被処理体が収容される処理室と、前記処理室の一面を構成する誘電体壁と、前記誘電体壁を介して電磁波を前記処理室内に導入して前記処理室内に供給された処理ガスをプラズマ化するアンテナとを備えたプラズマ処理装置において、前記アンテナ略中心点には、接地点が配置され、前記接地点から略 $\lambda/12$ （ただし、 λ は前記アンテナに印加されるプラズマ生成用高周波電力の波長である）の位置に、プラズマ生成用高周波電力が給電される給電点が配置される略 $\lambda/2$ 長アンテナからなることを特徴とする、プラズマ処理装置。

【請求項 12】 前記プラズマ生成用高周波電力の周波数は、13.56MHz よりも高いことを特徴とする、請求項 11 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 13】 前記プラズマ生成用高周波電力の周波数は、50MHz ～ 800MHz であることを特徴とする、請求項 12 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 14】 前記被処理体は、前記処理室内に配置された電極に載置され、前記電極には、前記プラズマ生成用高周波電力の周波数よりも低い周波数のバイアス用高周波電力が印加されることを特徴とする、請求項 11、12 または 13 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 15】 前記バイアス用高周波電力の周波数は、13.56MHz 以下であることを特徴とする、請求項 14 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 16】 前記 $\lambda/2$ 長アンテナは、直線的に延伸する延伸部と、所定方向に屈曲する屈曲部から構成されることを特徴とする、請求項 11、12、13、14 または 15 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 17】 少なくとも前記 $\lambda/2$ 長アンテナの各終端部と、前記誘電体壁との間には、接地された導電性シールドが介装されることを特徴とする、請求項 11、12、13、14、15 または 16 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 18】 前記 $\lambda/2$ 長アンテナの各終端部には、前記プラズマ生成用高周波電力の印加時に、所定のインダクタンスを生じさせるインダクタンス発生手段が接続されることを特徴とする、請求項 11、12、13、14、15 または 16 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 19】 少なくとも前記インダクタンス発生手段と、前記誘電体壁との間には、接地された導電性シールドが介装されることを特徴とする、請求項 18 に記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、プラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 最近、半導体装置の超微細化および超高

集積化傾向に伴い、エッチング処理や成膜処理などを行うプラズマ処理においても、高精度な超微細加工が要求されており、例えばエッチング処理では、被処理体に超微細かつ所定形状のパターンを高精度に形成可能なように、エッチングの異方性を高めることが求められている。かかる異方性エッチングを行うためには、処理時の圧力雰囲気低く、例えば数mTorr～数十mTorr程度にし、プラズマ中のイオン化率を上昇させてイオン主体のエッチングを行うとともに、イオンの平均自由工程を長くして被処理体に入射するイオンの方向性を揃えることが要求される。しかし、処理室内の圧力雰囲気を低下させるにつれて、電子と処理ガス分子等との衝突確率が低下するので、プラズマの密度が低下し、エッチングレートが低下したり、処理が不均一になるなどの問題が生じる。

【0003】そこで、従来、処理室内に磁場を生じさせて電子の寿命を長くし、上記電子と処理ガスの分子や原子との衝突確率を高めることによりプラズマの密度を高めて、低圧力雰囲気下でのエッチング処理を実現する誘導結合型プラズマエッチング装置が使用されている。かかる装置は、被処理体を配置する処理室と、処理室の一面を成す誘電体壁と、誘電体壁に配され、接地された電極とを有している。かかる構成により、例えば13.56MHzの電力を電極に印加すると、電極から生じた高周波誘導磁場が誘電体壁を介して処理室内に導入される。その結果、高周波誘導磁場から生じた誘導電界の作用により、処理室内に供給された処理ガスが解離し、生成されたプラズマにより処理室内に配された被処理体にエッチング処理が施される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、クオータミクロン以下の超微細加工においては、より一層の処理ガスの低解離の実現と、イオン化率の向上が求められ、かかる技術的要求を達成するためには、処理ガスを解離させる電子がもつエネルギーを低くする必要がある。低エネルギーの電子を多くさせるためには、プラズマ生成用の電力の周波数を、電子が追従できないような高周波数、例えば100MHz以上に設定し、電子へのエネルギー供給効率を減少させればよいことが知られている。しかしながら、上記誘導結合型プラズマ処理装置は、上記100MHz以上の電力を電極に印加すると、プラズマ中のイオンが誘電体壁に過度に衝突して誘電体壁の消耗が激しくなるなどの問題が生じるために、低周波数の電力しか使用することができないという問題点がある。

【0005】また、上記誘導結合型プラズマ処理装置は、例えば12インチ以上の大口径の被処理体を処理すべく、処理室を大型化すると、処理室内に均一な磁場を形成することができず、プラズマの状態が不安定となって、被処理体の処理面全面に均一な処理を行うことができないという問題点がある。

【0006】さらに、上記誘導結合型プラズマ処理装置は、高周波電力の印加時に電極に電流が流れるために発熱する。従って、電極自体あるいは電極近傍に冷却手段を設ける必要があり、装置構成が複雑になったり、装置が大型化するという問題点がある。

【0007】本発明は、従来のプラズマ処理装置が有する上記のような問題点に鑑みて成されたものであり、本発明の目的は、上記問題点およびその他の問題点を解決することが可能な、新規かつ改良されたプラズマ処理装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の第1の観点によれば、請求項1に記載の発明のように、被処理体が収容される処理室と、処理室の一面を構成する誘電体壁と、誘電体壁を介して電磁波を処理室内に導入して処理室内に供給された処理ガスをプラズマ化するアンテナとを備えたプラズマ処理装置において、アンテナは、アンテナ設置面に仮想的に設定される基準点から相互に点対称に延伸し、基準点側にそれぞれ給電点を有するn本（ただし、nは2以上の整数である）の略 $\lambda/4$ 長アンテナ（ただし、 λ は前記アンテナに印加される高周波電力の波長である）組から成り、さらに各 $\lambda/4$ 長アンテナに対して、相隣接する $\lambda/4$ 長アンテナごとに $360^\circ/n$ ずつ位相がずれたプラズマ生成用高周波電力を印加する電力供給手段を備えることを特徴とするプラズマ処理装置が提供される。

【0009】かかる構成によれば、各 $\lambda/4$ 長アンテナを点対称に配置したので、プラズマ生成用高周波電力の印加時には、 $\lambda/4$ 長アンテナ組が電氣的に1/2波長に共振し、処理室内に電磁波を導入することができる。さらに、各 $\lambda/4$ 長アンテナには、位相の異なる所定の高周波電力が順次印加されるので、処理室内に均一な電磁波を導入することが可能となる。その結果、処理室内に供給された処理ガスが、従来のように磁場から生じた誘導電界によらず、電磁波の作用により解離するので、大口径の被処理体を処理する装置のようにプラズマ生成領域を拡大させても、均一なプラズマを生成することができる。

【0010】また、処理時に低エネルギーの電子を多く生成させて処理ガスの過度の解離を抑制し、イオン化率を高くして被処理体に超微細加工を施すためには、プラズマ生成用高周波電力の周波数を、例えば請求項2に記載の発明のように13.56MHzよりも高く設定し、好ましくは例えば請求項3に記載の発明のように50MHz～800MHzに設定することが好ましい。

【0011】また、生成されたプラズマを被処理体に均一かつ効率的に導くためには、例えば請求項4に記載の発明のように、処理室内に配置された電極に被処理体を載置し、該電極にプラズマ生成用高周波電力の周波数よりも低い周波数、好ましくは例えば請求項5に記載の発

10

20

30

40

50

明のように 13.56MHz 以下のバイアス用高周波電力を印加することが好ましい。

【0012】また、プラズマ生成用高周波電力の印加時にアンテナからの磁場の発生を抑制し、誘電体壁の消耗を軽減させるためには、例えば請求項 6 に記載の発明のように、 $\lambda/4$ 長アンテナとして、磁場の発生原因となる電流が流れ難い非接地型アンテナを採用することが好ましい。かかる構成により、例えば 100MHz 以上のプラズマ生成用高周波電力をアンテナに印加しても、誘電体壁の消耗を最小限に止めることができる。

【0013】また、誘電体壁上にアンテナを密に配して処理室内により均一な電磁波を導入し、より均一なプラズマを生成するためには、例えば請求項 7 に記載の発明のように、直線的に延伸する延伸部と、所定方向に屈曲する屈曲部からなる $\lambda/4$ 長アンテナを採用することが好ましい。

【0014】また、プラズマ生成用高周波電力の印加時には、 $\lambda/4$ 長アンテナの終端部の電圧が高くなるが、プラズマ中のイオンは、高電圧部に引き寄せられる性質があるので、上記終端部に隣接する誘電体壁の処理室側面にイオンが衝突して誘電体壁が削られて、誘電体壁の寿命が短くなったり、被処理体を汚染するパーティクルが発生するおそれがある。かかるイオンの衝突を軽減させるためには、例えば請求項 8 に記載の発明のように、少なくとも $\lambda/4$ 長アンテナの終端部と誘電体壁との間に、接地された導電性シールドを介装して、対処理室内との間で生じる電位を解消することが好ましい。

【0015】また、一般に、アンテナの長さは、アンテナに印加される電力の周波数が低くなるにつれて長くなるが、例えば請求項 9 に記載の発明のように、 $\lambda/4$ 長アンテナの終端部に、プラズマ生成用高周波電力の印加時に、所定のインダクタンスを生じさせるインダクタンス発生手段を接続すれば、 $\lambda/4$ 長アンテナの長さを短縮しても $\lambda/4$ 長アンテナを共振させることができる。その結果、被処理体の大きさや装置構成上の理由によりアンテナの設置範囲が限定されている場合、あるいは周波数が低い電力を用いたい場合などでも、アンテナを設けることができるので、本発明を実施することができる。

【0016】さらに、上記の如くインダクタンス発生手段を設けた場合には、該インダクタンス発生手段の電圧が高くなるので、上記請求項 8 に記載の発明と同様に、誘電体壁へのイオンの衝突を軽減させるためには、例えば請求項 10 に記載の発明のように、少なくともインダクタンス発生手段と誘電体壁との間に、接地された導電性シールドを介装することが好ましい。

【0017】また、本発明の第 2 の観点によれば、請求項 11 に記載の発明のように、被処理体が収容される処理室と、処理室の一面を構成する誘電体壁と、誘電体壁を介して電磁波を処理室内に導入して処理室内に供給さ

れた処理ガスをプラズマ化するアンテナとを備えたプラズマ処理装置において、アンテナ略中心点には、接地点が配置され、接地点から略 $\lambda/12$ (ただし、 λ はアンテナに印加されるプラズマ生成用高周波電力の波長である) の位置に、プラズマ生成用高周波電力が給電される給電点が配置される略 $\lambda/2$ 長アンテナからなることを特徴とするプラズマ処理装置が提供される。

【0018】かかる構成によれば、プラズマ生成用高周波電力の印加時に、 $\lambda/2$ 長アンテナが、上記請求項 1 に記載の発明と同様に、電氣的に $1/2$ 波長に共振するので、処理室内に電磁波を導入することができ、処理室内に磁界を形成しなくても、高密度プラズマを生成することができる。

【0019】また、上記請求項 2 に記載の発明と同様に、低エネルギーの電子を多く生成させて被処理体に超微細加工を施すためには、プラズマ生成用高周波電力の周波数を、例えば請求項 12 に記載の発明のように 13.56MHz よりも高く設定し、好ましくは例えば請求項 13 に記載の発明のように 50MHz ~ 800MHz に設定することが好ましい。

【0020】また、上記請求項 4 に記載の発明と同様に、プラズマを被処理体に均一かつ効率的に導くためには、例えば請求項 14 に記載の発明のように、処理室内に配置された電極に被処理体を載置し、該電極にプラズマ生成用高周波電力の周波数よりも低い周波数、好ましくは請求項 15 に記載の発明のように 13.56MHz 以下のバイアス用高周波電力を印加することが好ましい。

【0021】また、上記請求項 7 に記載の発明と同様に、より均一なプラズマを生成するためには、例えば請求項 16 に記載の発明のように、直線的に延伸する延伸部と、所定方向に屈曲する屈曲部からなる $\lambda/2$ 長アンテナを採用することが好ましい。

【0022】また、上記請求項 8 に記載の発明と同様に、誘電体壁へのイオンの衝突を形成させるためには、例えば請求項 17 に記載の発明のように、少なくとも $\lambda/2$ 長アンテナの各終端部と誘電体壁との間に、接地された導電性シールドを介装することが好ましい。

【0023】また、上記請求項 9 に記載の発明と同様に、 $\lambda/2$ 長アンテナの長さを短縮するためには、例えば請求項 18 に記載の発明のように、 $\lambda/2$ 長アンテナの各終端部に、プラズマ生成用高周波電力の印加時に、所定のインダクタンスを生じさせるインダクタンス発生手段を接続することが好ましい。

【0024】さらに、上記請求項 10 に記載の発明と同様に、インダクタンス発生手段を設けた場合に、誘電体壁へのイオンの衝突を軽減させるためには、例えば請求項 19 に記載の発明のように、少なくともインダクタンス発生手段と誘電体壁との間には、接地された導電性シールドを介装することが好ましい。

【0025】

【発明の実施の形態】以下に、添付図面を参照しながら、本発明にかかるプラズマ処理装置をプラズマエッチング装置に適用した好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、下記の各実施の形態において、略同一の機能および構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【0026】（第1の実施の形態）

（1）エッチング装置の構成

まず、図1～図6を参照しながら、第1の実施の形態のエッチング装置100の構成について説明する。図1に示すエッチング装置100の処理室102は、気密な略円筒形の処理容器104内に形成されている。処理室102の天井部は、プラズマ生成用の電磁波を透過可能な石英やセラミックスなどからなる略円盤状の誘電体壁106から構成されている。処理室102内には、被処理体、例えば半導体ウェハ（以下、「ウェハ」と称する。）Wを載置する載置台108が配置されている。この載置台108には、高周波電源110から出力されるバイアス用電力が整合器112を介して印加される。また、処理室102には、不図示のガス供給源からの処理ガスを供給するガス供給系114と、処理室102内のガスを排気する不図示の真空ポンプを含む排気系116が接続されている。

【0027】次に、本実施の形態にかかるアンテナ118について詳細に説明する。アンテナ118は、処理ガスを解離させてプラズマを生成するための電磁波を発生させるためのもので、図1および図2に示すように、誘電体壁106上に配置された、例えば4本の非接地型の第1～第4アンテナ素子120、122、124、126群からなるダイバーシティアンテナとして構成され、第1アンテナ素子120と第3アンテナ素子124、および第2アンテナ素子122と第4アンテナ素子126がそれぞれ組を成している。

【0028】また、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126は、高周波電力が印加された際に効率よく電磁波を発生可能なように、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126に印加される高周波電力の波長を λ とすると、電氣的に $\lambda/4$ の長さ設定され、後述の各アンテナ組において電氣的に $\lambda/2$ 波長に共振するように構成されている。なお、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126の実長さは、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126を構成する材料、例えばAlやCuなどの金属に応じた材料固有の波長短縮率と、上記電氣的な長さである $\lambda/4$ とを乗算することにより得られた値に設定される。

【0029】また、図2に示すように、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126は、処理室102内に均一に電磁波を導入可能なように、アンテナ設

置面としての誘電体壁106上面に装置構成に応じて適宜設定される基準点Cからそれぞれ点対称かつ放射状に配置されている。なお、本実施の形態では、上記基準点Cは、図1に示すように載置台108に載置されているウェハWのほぼ中心を通る直線L上に設定される。また、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126の基準点C側には、高周波電力を供給する給電点120a、122a、124a、126aが設けられている。

【0030】また、図2に示すように、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126は、給電点120a、122a、124a、126aから誘電体壁106の外周に向かって直線的に延伸する延伸部120d、122d、124d、126dと、時計回り方向に屈曲する屈曲部120b、122b、124b、126bから構成されている。延伸部120d、122d、124d、126dは、相隣接する第1～第4アンテナ素子120、122、124、126同士が、各々略90°の角度を成すように配置されている。また、屈曲部120b、122b、124b、126bは、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126同士で電氣的な干渉が起こらず、高周波電力の印加時に処理室102内に電磁波が均一に導入されるように展開され、本実施の形態では、ウェハWの形状に応じて誘電体壁106の円周方向に沿って展開されている。従って、処理室102側から見れば、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126は、誘電体壁106上で略円状に展開されている。

【0031】かかる構成により、装置構成や、印加される高周波電力の周波数などの理由により、直線的に延伸させれば第1～第4アンテナ素子120、122、124、126が誘電体壁106の半径よりも長くなる場合でも、屈曲させてあれば第1～第4アンテナ素子120、122、124、126を誘電体壁106上に収容することができる。また、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126がウェハWの処理面に対して密に配置されるので、高周波電力の印加時に処理室102内に電磁波がより均一に導入され、均一なプラズマを生成することが可能となる。なお、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126の展開方向は、上述した時計回り方向に限定されるものではなく、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126同士が相互に電氣的に干渉することなく、処理室102内に均一な電磁波を導入することができれば、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126の形状や展開方向を適宜設定することができる。

【0032】また、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126の終端部120c、122c、124c、126cには、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126の長さを短縮させるため

に、高周波電力の印加時に所定のインダクタンスを発生させることが可能なコイル128、130、132、134がそれぞれに対応して接続されている。一般的に、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126の長さは、印加される電力の周波数が低くなるにつれて長くなる。そこで、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126にコイル128、130、132、134で発生する所定のインダクタンスを作用させれば、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126の長さを短縮しても、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126を共振させることができる。その結果、ウェハWの外径が小さく第1～第4アンテナ素子120、122、124、126の設置範囲が狭い場合や、周波数の低い電力を使用する場合でも、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126を設置することができる。

【0033】また、コイル128、130、132、134は、コイル128、130、132、134を保持するためのコイルボックス136、138、140、142内に収容されている。なお、コイル128、130、132、134を、コイルボックス136、138、140、142内に配置しなくても、本実施の形態を実施可能であることはいうまでもない。

【0034】ところで、上述したコイル128、130、132、134が接続された第1～第4アンテナ素子120、122、124、126を採用すると、高周波電力を印加するとコイル128、130、132、134に高電圧が生じる。すなわち、図3(a)に示す第1および第3アンテナ素子120、124組を例に挙げて説明すると、第1および第3アンテナ素子120、124部分では、図3(b)に示すように所定の電流が流れて、図3(c)に示すように電圧が高くなる。これに対して、図3(a)に示すコイル128、132部分では、図3(b)に示すように電流が流れ難く、図3(c)に示すように電圧が高くなる。もちろん、第2および第4アンテナ素子122、126についても、上記と同様の現象が起こる。なお、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126は、非接地型アンテナなので、従来の誘導結合型エッチング装置の電極に流れる電流よりも非常に少ない電流しか流れないことはいうまでもない。

【0035】その結果、後述するシールド144を設けない場合には、処理時に高電圧となるコイル128、130、132、134付近の誘電体壁106の処理室102側面に、プラズマ中のイオンが引き寄せられて衝突し、誘電体壁106が消耗するとともに、ウェハWを汚染するパーティクルが発生することがある。なお、図3(a)は、直線的に延伸させた場合の第1および第3アンテナ素子120、124とそれらに接続されたコイル128、132を示す概略的な説明図であり、図3

(b)は、図3(a)に示す第1および第3アンテナ素子120、124と、コイル128、132の電流分布を示す概略的な説明図であり、図3(c)は、図3

(a)に示す第1および第3アンテナ素子120、124と、コイル128、132の電圧分布を表す概略的な説明図である。また、図3(a)では、後述の電力調整器148は省略され、高周波電源146が第1および第3アンテナ素子120、124に直接接続されている。

【0036】そこで、本実施の形態では、図1および図2に示すように、コイルボックス136、138、140、142と、誘電体壁106との間に、高電圧となるコイル128、130、132、134を処理室102内から電気的に隔離する接地された導電性のシールド144を介装する構成を採用している。シールド144は、金属などの導電性材料から成り、コイル128、130、132、134が配された誘電体壁106の周縁部を覆うように略リング状に形成されている。かかる構成により、シールド144がグランドとなつて、コイル128、130、132、134と誘電体壁106とが電気的に遮断されるので、コイル128、130、132、134と処理室102内との間に電位が実質的に生じなくなる。その結果、誘電体壁106の処理室102側面へのイオンの衝突を軽減することができるので、上述した誘電体壁106の消耗等の問題を解消することができる。

【0037】なお、シールド144の形状は、上記リング状に限定されることはなく、コイル128、130、132、134が誘電体壁106から隔離されるように、コイル128、130、132、134と誘電体壁106との間にのみ設けても良い。また、コイルボックス136、138、140、142を導電性材料から形成し、各々接地すれば、上述したシールド144と同様の作用効果を奏することができ、上記シールド144を省略することも可能である。

【0038】また、図4(a)に示すように、上記第1および第3アンテナ素子120、124にコイル128、132を設けない場合には、第1および第3アンテナ素子120、124の給電点120a、124aから終端部120c、124cに向かうにつれて電流が流れ難くなり、電圧が上昇して、それら終端部120c、124cの電圧が最も高くなる。かかる場合には、終端部120c、124cと誘電体壁106との間に上述したシールド144を介装すれば、上記と同様の作用効果を奏することができる。もちろん、第2および第4アンテナ素子122、126についても、同様である。なお、図4(a)は、直線的に延伸させた場合の第1および第3アンテナ素子120、124を示す概略的な説明図であり、図4(b)は、図4(a)に示す第1および第3アンテナ素子120、124の電流分布を示す概略的な説明図であり、図4(c)は、図4(a)に示す第1お

および第3アンテナ素子120、124の電圧分布を表す概略的な説明図である。また、図4(a)では、後述の電力調整器148は省略され、高周波電源146が第1および第3アンテナ素子120、124に直接接続されている。

【0039】次に、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126に高周波電力を供給する電力供給系について説明する。図1および図2に示す第1～第4アンテナ素子120、122、124、126の給電点120a、122a、124a、126aには、図1に示す高周波電源146から出力される所定周波数の電力が、不図示の同軸ケーブルを介し、電力調整器148において高周波電力の位相等を調整された後に印加される。電力調整器148は、図5に示すように、高周波電力の位相制御および電力分配を行う位相分配器150と、電力の不均衡・平衡変換および位相制御を行う平衡・不平衡変換器152、154から構成されている。

【0040】位相分配器150は、高周波電源146から出力された高周波電力を、該電力の位相を 90° ずらした電力と、 -90° ずらした電力に2分配して、例えば 90° 位相がずれた高周波電力を第1および第3アンテナ素子120、124に高周波電力を出力する第1平衡・不平衡変換器152に入力し、 -90° 位相がずれた高周波電力を第2および第4アンテナ素子122、126に高周波電力を出力する第2平衡・不平衡変換器154に入力する。

【0041】また、第1および第2平衡・不平衡変換器152、154は、バラン(Balun; Balance to unbalance)から成り、同軸ケーブルを通過する際に電圧および電流がグラウンド(大地)に対して不平衡になった高周波電力を平衡化し、導体上の電圧および電流がグラウンドに対して平衡なダイバーシティアンテナを構成する第1～第4アンテナ素子120、122、124、126に供給する。かかる構成を採用することにより、同軸ケーブルの外部導体の外側表面に漏洩電流が流れないので、第1および第3アンテナ素子120、124組、または第2および第4アンテナ素子122、126組に流れる電流のバランスを均一にすることができ、均一な電磁波を発生させることができる。

【0042】また、本実施の形態では、第1および第2平衡・不平衡変換器152、154を構成するバランとして、 180° 位相を反転することにより上記平衡・不平衡変換を行う、例えば $\lambda/2$ 迂回ライン4:1バランを採用している。かかる構成により、第1および第2平衡・不平衡変換器152、154から出力される高周波電力の位相は、同軸ケーブルの内部導体と外部導体とで 180° ずらされ、つまり第1アンテナ素子120と第3アンテナ素子124、または第2アンテナ素子122と第4アンテナ素子126には 180° 位相がずれた高周波電力が供給される。

【0043】従って、高周波電源146から出力された高周波電力は、上述の如く位相分配器150で 90° または -90° 位相がずらされた後に、さらに第1または第2平衡・不平衡変換器152、154でそれぞれ 180° 位相がずらされて、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126に印加される。その結果、相隣接する第1～第4アンテナ素子120、122、124、126には、図6(a)～図6(d)に示すように、 90° ずつ位相がずれた高周波電力が順次印加される。なお、図6(a)は、第1アンテナ素子120に印加される高周波電力の波形であり、図6(b)は、第2アンテナ素子122に印加される高周波電力の波形である。また、図6(c)は、第3アンテナ素子124に印加される高周波電力の波形であり、図6(d)は、第4アンテナ素子126に印加される高周波電力の波形である。

【0044】かかる構成により、図6(a)～図6(d)に示すように、第1アンテナ素子120と第3アンテナ素子124の組、および第2アンテナ素子122と第4アンテナ素子126の組に、それぞれの組ごとに電位が逆の高周波電力が印加されて、それら第1および第3アンテナ素子120、124組、または第2および第4アンテナ素子122、126組が各々電氣的に $1/2$ 波長に共振し、所定の電磁波を発振する。さらに、すでに説明したように、相隣接する第1～第4アンテナ素子120、122、124、126に対して、それぞれ 90° 位相が異なる高周波電力を順次印加していくので、処理室102内に電磁波を均一に導入することができる。

【0045】また、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126は、上述したように接地されていないので、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126を流れる電流は、従来の誘導結合型エッチング装置の電極を流れる電流よりも非常に少ない。その結果、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126が発熱し難いので、第1～第4アンテナ素子120、122、124、126を冷却する冷却機構を設ける必要がなく、装置構成の簡素化およびイニシャルコストの削減を図ることができる。

【0046】(2) エッチング処理

次に、上述したエッチング装置100を用いてウェハWにエッチング処理を施す場合について説明する。まず、図1に示す載置台108上にウェハWを載置した後に、処理室102内に不図示のガス供給源から処理ガス、例えばC₄F₈とArとの混合ガスを導入するとともに、処理室102内の真空引きを行い、処理室102内を例えば1mTorr～1Torr、好ましくは50mTorrの圧力雰囲気維持する。

【0047】次いで、高周波電源146から13.56MHzよりも高い周波数、例えば50MHz～800MHz

Hz、好ましくは100MHz～200MHzで、500W～5kW、好ましくは2kWのプラズマ生成用の電力を出力させて、電力調整器148で上述の如く位相等が所定の状態に調整された高周波電力をアンテナ118に印加する。かかる電力の印加により、アンテナ118から上記電力の周波数と略同一の周波数の電磁波が発振され、該電磁波が誘電体壁106を介して処理室102内に導入される。その結果、処理室102内に供給された処理ガスが電磁波の作用により解離し、プラズマが生成される。また、上記アンテナ118への高周波電力の印加と同時に、載置台108にも高周波電源110から上記プラズマ生成用高周波電力よりも低い周波数、例えば13.56MHzで、500W～5kWのバイアス用の電力が印加されている。従って、上記プラズマ中のイオン等が載置台108上のウェハWの処理面に引き寄せられて、ウェハWに所定のエッチング処理が施される。

【0048】本実施の形態は、以上のように構成されており、電磁波の作用により処理ガスを解離させてプラズマを生成するので、アンテナ118に例えば100MHz以上の周波数の電力を印加しても、誘電体壁106へのイオンの過度な衝突を防ぐことができる。その結果、幅広い周波数範囲の電力を使用でき、特に高周波数の電力を採用できるので、処理ガスの過度の解離を抑えたり、イオン化率を向上させるなどのプラズマ制御を容易に行うことができ、超微細エッチングを実現することができる。また、プラズマの生成および制御を磁場によらずに行うことができるので、大口径ウェハWに対応した大型の装置であっても、均一なプラズマを生成することができ、均一な処理を行うことができる。

【0049】（第2の実施の形態）次に、図7を参照しながら、本発明の第2の実施の形態について説明する。本実施の形態にかかるアンテナ200は、図7に示すように、上述した第1アンテナ素子120と第2アンテナ素子124の組からなるダイポールアンテナとして構成されている。第1および第2アンテナ素子120、124には、高周波電源146から出力された高周波電力が、上記位相分配器150を介することなく、上記平衡・不平衡変換器152、154と同一に構成された平衡・不平衡変換器202で180°位相がずらされた後、給電点120a、124aを介して印加される。かかる電力の印加により、アンテナ200が電氣的に1/2波長に共振して電磁波が発振され、該電磁波が誘電体壁106を介して処理室102内に導入される。その他の構成は、上記第1の実施の形態と同様である。かかる構成を採用すれば、高周波電力の位相制御を容易に行うことができるとともに、装置構成を簡素化することができる。

【0050】なお、第1および第2アンテナ素子120、122の展開方向は、上記形態に限定されることなく、例えば図8および図9に示すように、略渦巻き状

に展開する第1および第2アンテナ素子502、504組からなるアンテナ500や、第1および第2アンテナ素子602、604組からなるアンテナ600を採用しても良い。なお、第1アンテナ素子502、602と、第2アンテナ素子504、604は、展開方向以外は上記第1および第2アンテナ素子120、122と同一に構成されている。また、図8および図9では、コイル128、132およびシールド144は省略されている。

【0051】（第3の実施の形態）次に、図10および図11を参照しながら、本発明の第3の実施の形態について説明する。本実施の形態にかかるアンテナ300は、図10に示すように、上述した第1～第4アンテナ素子120、122、124、126と同一に構成された第1～第8アンテナ素子302、304、306、308、310、312、314、316群からなるダイバーシティアンテナとして構成されている。また、第1および第5アンテナ素子302、310と、第2および第6アンテナ素子304、312と、第3および第7アンテナ素子306、314と、第4および第8アンテナ素子308、316が、各々組を成しており、上記と同様に誘電体壁106上面の基準点Cから点対称かつ放射状に配置されている。なお、第1～第8アンテナ素子302、304、306、308、310、312、314、316の給電点の配置や展開方向は、上記第1～第4アンテナ素子120、122、124、126と同様であり、さらにコイルも同様に接続されている。

【0052】次に、図11を参照しながら、第1～第8アンテナ素子302、304、306、308、310、312、314、316に高周波電力を供給する電力供給系について説明する。第1～第8アンテナ素子302、304、306、308、310、312、314、316には、上記と同様に高周波電源146から出力される所定の高周波電力が、電力調整器318において位相等を調整された後に印加される。電力調整器318は、上記位相分配器150と同一に構成された位相分配器320、322、324と、上記平衡・不平衡変換器152、154と同一に構成された平衡・不平衡変換器326、328、330、332から構成されている。

【0053】かかる構成により、高周波電源146から出力された高周波電力は、位相分配器320において、上記電力の位相から90°ずらされた電力と、-90°ずらされた電力に2分配された後に、それぞれに対応する位相分配器322、324に入力される。位相分配器320において90°位相がずらされた高周波電力は、さらに位相分配器322において、上記の位相から90°ずらされた電力と、45°ずらされた電力に2分配された後に、それぞれに対応する平衡・不平衡変換器326、328に入力される。さらに、各電力は、平衡・不平衡変換器326、328において不平衡・平衡変換さ

10

20

30

40

50

れ、位相が 180° ずらされた後に、それぞれに対応する第1および第5アンテナ素子302、310組と、第2および第6アンテナ素子304、312組に供給される。

【0054】一方、位相分配器320において -90° 位相がずらされた高周波電力は、さらに位相分配器324において、上記 -90° の位相のままの電力と、 -45° 位相がずらされた電力に2分配された後に、それぞれに対応する平衡・不平衡変換器330、332に入力される。さらに、各電力は、平衡・不平衡変換器330、332において不平衡・平衡変換され、位相が 180° ずらされた後に、それぞれに対応する第3および第7アンテナ素子306、314組と、第4および第8アンテナ素子308、316組に供給される。

【0055】その結果、相隣接する第1～第8アンテナ素子302、304、306、308、310、312、314、316に、順次 45° ずつ位相がずれた高周波電力が印加されて、上記各アンテナ素子組が各々電氣的に $1/2$ 波長に共振し、第1～第8アンテナ素子302、304、306、308、310、312、314、316から電磁波が発振され、上記と同様に誘電体壁106を介して処理室102内に導入される。

【0056】本実施の形態は、以上のように構成されており、8本の第1～第8アンテナ素子302、304、306、308、310、312、314、316からなるアンテナを採用したので、処理室102内により均一に電磁波を導入することができ、より均一に生成されたプラズマにより、ウェハWにさらに微細なエッチング処理を施すことができる。

【0057】(第4の実施の形態)次に、図12を参照しながら、本発明の第4の実施の形態について説明する。本実施の形態にかかるアンテナ400には、アンテナ400に印加される高周波電力の波長 λ に対して、電氣的に $\lambda/2$ の長さに設定されたダイポールアンテナが採用されている。なお、アンテナ400の長さは、厳密には $\lambda/2$ ではなく、上述した波長短縮率と電氣的な長さである $\lambda/2$ とを乗算することにより求められた長さに設定される。

【0058】また、アンテナ400の中心部、すなわちアンテナ400の端部から電氣的に $\lambda/4$ の位置には、アンテナ400を接地する接地点400aが設けられており、この接地点400aと上述の誘電体壁106の上面に設定された基準点Cとが一致するように、アンテナ400が配置されている。さらに、上記接地点400aからアンテナ400の終端部方向に向かって電氣的に $\lambda/12$ の位置には、高周波電源146から高周波電力が供給される給電点400bが設けられている。

【0059】かかる構成により、高周波電源146から高周波電力をアンテナ400に印加すると、アンテナ400が電氣的に $1/2$ 波長に共振し、アンテナ400か

ら電磁波が発振され、上記と同様に誘電体壁106を介して処理室102内に導入される。

【0060】なお、アンテナ400においても、上記第1の実施の形態と同様に、屈曲部を設けて処理室102内に均一に電磁波が導入されるようにアンテナ400の展開方向を変えれば、より均一なプラズマを生成することができるとともに、小型のエッチング装置であっても、幅広い周波数の選択が可能となる。また、アンテナ400の終端部に、上述したコイルを設ければ、アンテナ200の長さを短縮することができる。さらに、アンテナ400の終端部と誘電体壁106との間や、上記コイルを設けた場合には、コイルと誘電体壁106との間に、上述したシールドを介装すれば、誘電体壁106の消耗を抑制することができる。

【0061】なお、本実施の形態では、1本のアンテナ400を設けた構成を例に挙げて説明したが、かかる構成に限定されることはなく、アンテナ400と同一に構成された2本以上のアンテナを配置してもよい。例えば、2本の上記アンテナを誘電体壁106上に設ける場合には、各アンテナの接地点を上記基準点Cに一致させて、各アンテナがそれぞれ直交するように配置すれば、処理室102内に均一な電磁波を導入することができる。

【0062】以上、本発明の好適な実施の形態について、添付図面を参照しながら説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではない。特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例および修正例に想到し得るものであり、それら変更例および修正例についても本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0063】例えば、上記第1～第3の実施の形態において、2本、4本、8本のアンテナ素子からなるアンテナを例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、上記本数以外の偶数本の $\lambda/4$ 長アンテナからアンテナを形成しても、本発明を実施することができる。かかる場合には、各 $\lambda/4$ 長アンテナに対して、相隣接する $\lambda/4$ 長アンテナごとに、 360° から $\lambda/4$ 長アンテナの本数を除算して得られた値分ずつ位相がずれた高周波電力を印加することにより、所定の電磁波を処理室内に導入することができる。なお、 $\lambda/4$ 長アンテナの本数により、各 $\lambda/4$ 長アンテナで電氣的な干渉が発生する場合には、相隣接する $\lambda/4$ 長アンテナ間に接地された導電性部材を介装すれば、上記干渉の発生を防止することができる。

【0064】また、上記第1～第3の実施の形態において、各アンテナ素子を屈曲させる構成を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、直線的に延伸する $\lambda/4$ 長アンテナを採用しても、本発明を実施することができる。

【0065】また、上記第1～第3の実施の形態におい

て、各アンテナ素子にコイルを接続する構成を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、上記コイルなどのインダクタンス発生手段を設けなくても、本発明を実施することができる。

【0066】さらに、上記第1～第3の実施の形態において、コイルと誘電体壁との間にシールドを介装する構成を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、上記シールドを設けなくても、本発明を実施することができる。また、上記の如く、コイルを設けない場合には、各入/4長アンテナの終端部と誘電体壁との間に接地された導電性シールドを介装すれば、上記実施の形態で説明した作用効果を奏することができる。

【0067】また、上記第1～第4の実施の形態において、エッチング装置を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、プラズマCVD装置などの各種プラズマ処理装置にも本発明を適用することができる。さらに、被処理体としては、上述したウェハに限定されることなく、例えばLCD用ガラス基板を被処理体としても、本発明を実施することができる。

【0068】

【発明の効果】本発明によれば、高周波数の電磁波を処理室内に導入し、該電磁波により処理ガスを解離させてプラズマを生成させることができる。その結果、従来の誘導結合型プラズマ処理装置よりもエネルギーの低い電子を多く生成させることができるので、処理ガスの過度の解離を抑えられ、イオン化率を高めることができ、超微細なプラズマ処理を被処理体に施すことができる。また、磁場によらずにプラズマを生成できるので、被処理体が大型化し、処理室内の容積等が大きくなっても、均

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用可能なエッチング装置を示す概略的な断面図である。

【図2】図1に示すエッチング装置のアンテナを表す概略的な平面図である。

【図3】図1に示すエッチング装置のアンテナに接続されたコイルの作用効果を説明するための概略的な説明図である。

【図4】図1に示すエッチング装置のアンテナに接続されたコイルの作用効果を説明するための概略的な説明図である。

【図5】図1に示すエッチング装置のアンテナへの電力供給系を説明するための概略的な説明図である。

【図6】図1に示すエッチング装置のアンテナに印加される高周波電力の位相制御を説明するための概略的な説明図である。

【図7】本発明の他の実施の形態のアンテナを示す概略的な平面図である。

【図8】本発明の他の実施の形態のアンテナを示す概略的な平面図である。

【図9】本発明の他の実施の形態のアンテナを示す概略的な平面図である。

【図10】本発明の他の実施の形態のアンテナを示す概略的な平面図である。

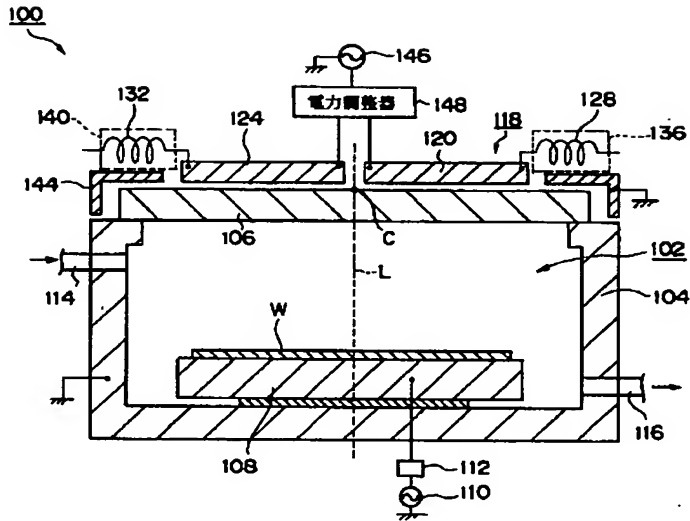
【図11】図10に示すアンテナへの電力供給系を説明するための概略的な説明図である。

【図12】本発明の他の実施の形態のアンテナを示す概略的な平面図である。

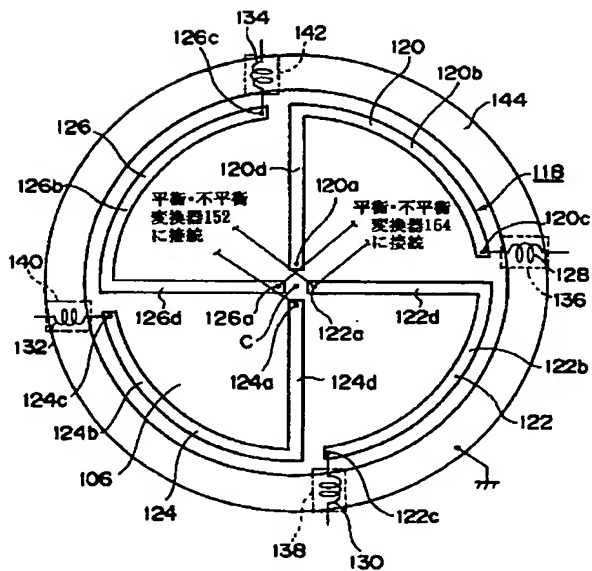
【符号の説明】

100	エッチング装置
102	処理室
106	誘電体壁
108	載置台
118	アンテナ
120, 122, 124, 126	第1～第4アンテナ素子
120a, 122a, 124a, 126a	給電点
120b, 122b, 124b, 126b	屈曲部
120c, 122c, 124c, 126c	終端部
120d, 122d, 124d, 126d	延伸部
128, 130, 132, 134	コイル
144	シールド
146	高周波電源
148	電力調整器
150	位相分配器
152, 154	平衡・不平衡変換器
W	ウェハ

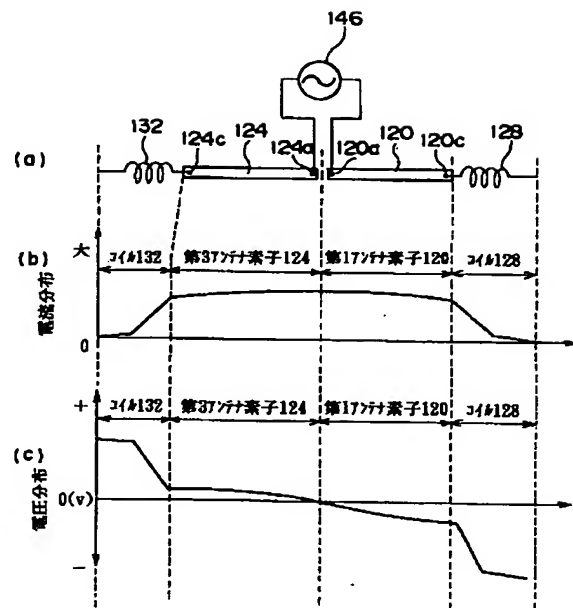
【図1】



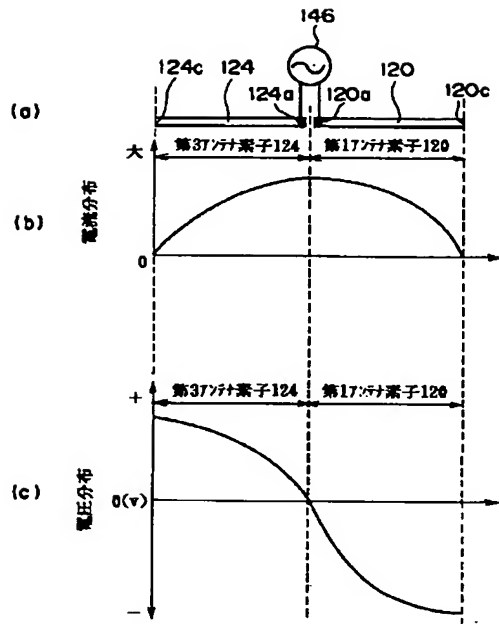
【図2】



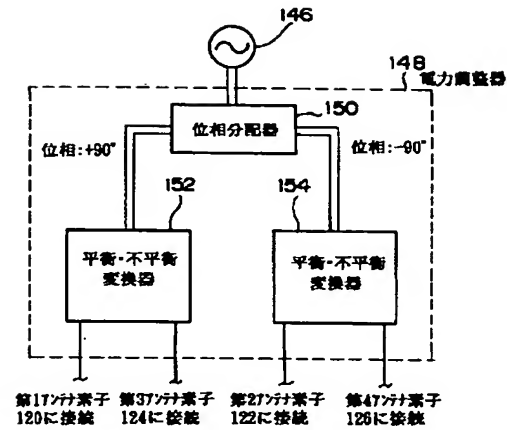
【図3】



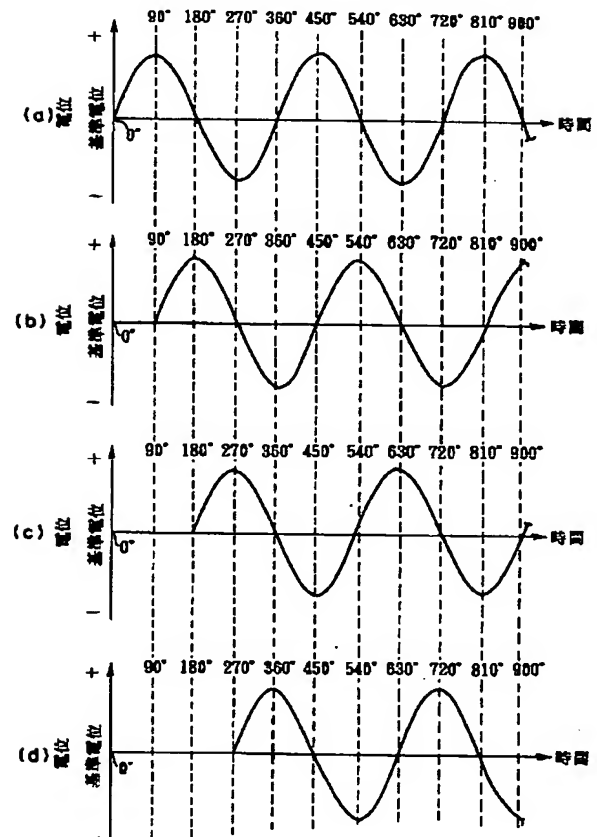
【図 4】



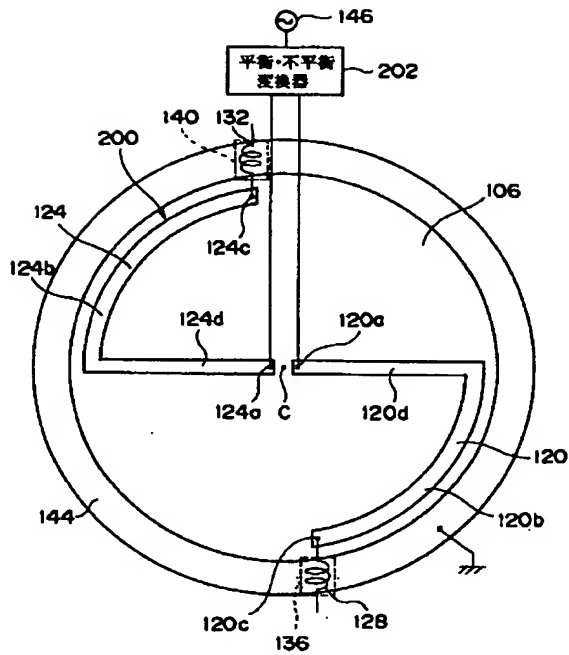
【図 5】



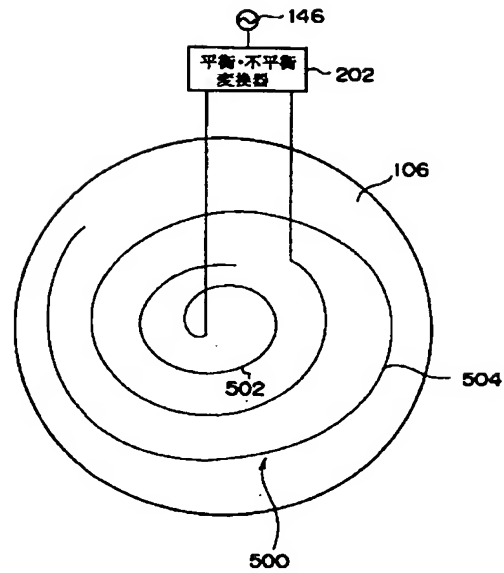
【図 6】



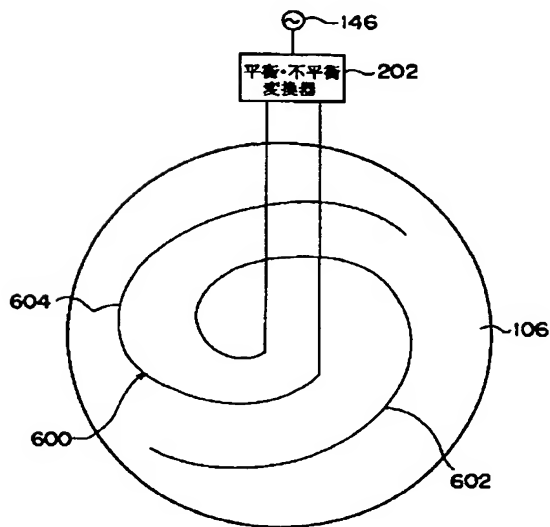
【図7】



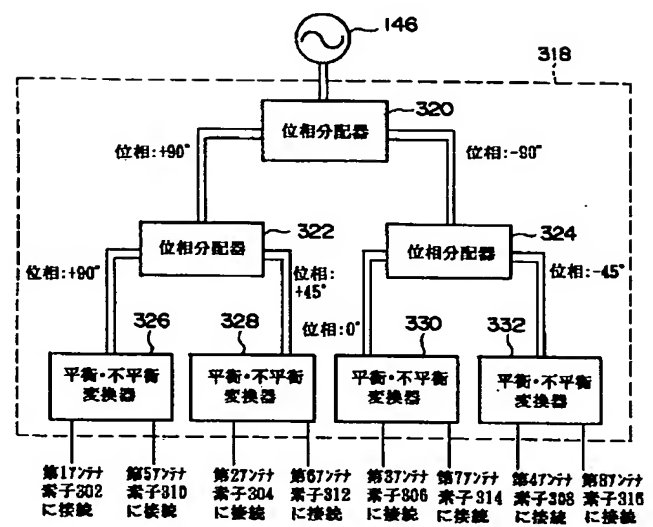
【図8】



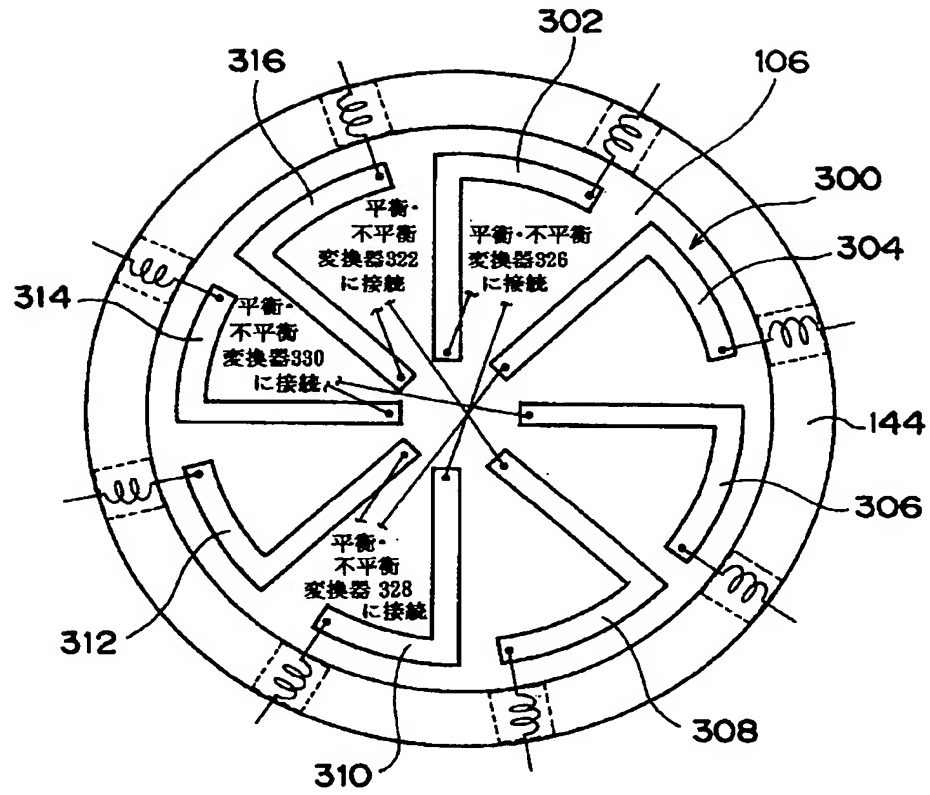
【図9】



【図11】



【図10】



【図12】

